

Análise físico-química e microbiológica de um reator de leito estruturado submetido a duas condições operacionais: Aeração Intermitente Sem Recirculação e Com Recirculação

Physical-chemical and microbiological analysis of a structured bed reactor under two operating conditions: Intermittent Aeration Without Recirculation and With Recirculation

Janaina Casado Rodrigues da Silva
janainnacasado@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Kátia Valéria Marques Cardoso Prates
kprates@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Deise Dias Lopes
deizeuel@gmail.com
Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil

Camila Zoe Correa
camila.z.correa@gmail.com
Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil

Edgar Augusto Aliberti
edgaraliberti@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Alex da Cunha Molina
alexdacunhamolina@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar a quantificação de bactérias nitrificantes (bactérias oxidadoras de amônia - BOA, bactérias oxidadoras de nitrito - BON), desnitrificantes e heterotróficas, comparando com os parâmetros físico-químicos sob duas condições operacionais (Aeração Intermitente Sem Recirculação - AIS e Aeração Intermitente Com Recirculação - AIC), em um reator de leito estruturado. O reator foi operado com Tempo de Detenção Hidráulico (TDH) de 16 horas e ciclo de aeração intermitente de 2h com aeração e 1h sem aeração. As análises dos parâmetros físico-químicos (pH, alcalinidade, DQO e nitrogênio) foram feitas no afluente e efluente e seguiram a metodologia descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Para as análises microbiológicas foram coletadas amostras de Material Suporte (MS), efluente (EF) e lodo (LD) nas duas fases de funcionamento do reator para determinação da concentração de BOA, BON e desnitrificantes utilizando a técnica de número Mais Provável (NMP) e de bactérias heterotróficas utilizando a técnica de contagem padrão em placas. Avaliando a remoção de matéria orgânica na fase AIS obteve-se 87% de eficiência e na fase AIC 92%. Considerando os valores médios de remoção de nitrogênio as duas fases foram bem semelhantes. Após a análise dos resultados conclui-se que o sistema operado com recirculação apresentou melhor desempenho quanto a remoção de matéria orgânica e crescimento das bactérias, com exceção das BOA.

PALAVRAS-CHAVE: Laticínio. remoção de matéria orgânica. Remoção de nitrogênio

ABSTRACT

The objective of this work was to quantify nitrificant bacteria (ammonia oxidizing bacteria - BOA, nitrite oxidizing bacteria - BON), denitrifying and heterotrophic bacteria, comparing with the physicochemical parameters under two operating conditions (Intermittent Aeration Without Recirculation - AIS and Intermittent Aeration With Recirculation (AIC) in a structured bed reactor. The reactor was operated with a 16 hour Hydraulic Detention Time (TDH) and an intermittent aeration cycle of 2h with aeration and 1h without aeration. Analyzes of the physical-chemical parameters (pH, alkalinity, COD and nitrogen) were done in the affluent and effluent and followed the methodology described in the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Samples of support material (MS), effluent (EF) and sludge (LD) were collected in the two phases of reactor operation to determine the concentration of BOA, BON and denitrifiers using the Most Probable Number technique (MPN) and heterotrophic bacteria using the standard plaque counting technique. Evaluating the removal of organic matter in the AIS phase obtained 87% efficiency and in the AIC phase 92%. Considering the average values of nitrogen removal the two phases were very similar. After the analysis of the results it was concluded that the system operated with recirculation presented better performance regarding the removal of organic matter and the growth of the bacteria, except for BOA.

KEYWORDS: Dairy. Organic matter removal. Nitrogen Removal

Recebido: 31 ago. 2018.

Aprovado: 4 out. 2018.

Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas ambientais em todo o mundo é a poluição de corpos hídricos superficiais, causando problemas de saúde e prejudicando a qualidade da água. A principal origem dessa poluição vem do lançamento de esgotos domésticos e industriais (Leite, 2004).

Segundo Dalla Villa (2007), o grande volume de água necessário para produção de leite coloca as indústrias de laticínios como uma das principais geradoras de efluentes industriais. Estima-se que para cada litro de leite produzido sejam gerados cerca de 2,5 litros de efluente. A produção anual de leite no Brasil é superior a 15 bilhões de litros o que corresponde à geração de mais de 40 bilhões de litros de efluente por ano (DALLA VILLA, 2007).

Para a remoção de matéria orgânica e nitrogênio, sistemas compactos vêm sendo estudados. Um exemplo destes sistemas são os reatores de leito estruturado e fluxo contínuo. Nos processos biológicos, a remoção de matéria orgânica é realizada principalmente pelas bactérias heterotróficas, podendo ser aeróbias, anaeróbicas ou facultativas. As bactérias nitrificantes e desnitrificantes (aeróbias e anaeróbias obrigatórias ou facultativas, respectivamente) são responsáveis pela remoção de nitrogênio (CORREA, 2015).

No tratamento biológico convencional de efluentes para remoção de matéria nitrogenada ocorrem os processos de nitrificação e desnitrificação. Sendo que na etapa da nitrificação as bactérias quimioautotrofas consomem o dióxido de carbono como fonte de carbono e utilizam como receptor final de elétrons o oxigênio. A energia para o desenvolvimento dessas bactérias advém da oxidação da amônia e do nitrito (NETTO, 2011)

Já a etapa de desnitrificação, que ocorre após a nitrificação, as bactérias desnitrificantes reduzem o nitrito ou nitrato a gás nitrogênio ou óxido nitroso. Esse processo acontece em ambientes anóxicos/anaeróbios, onde as bactérias utilizam o nitrito ou nitrato como receptor final de elétrons e a matéria orgânica presente no meio, como fonte de carbono e de energia (NETTO, 2011; EPA, 1993).

Baseado no exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar a quantificação de bactérias nitrificantes, desnitrificantes e heterotróficas, comparando com os parâmetros físico-químicos (pH, alcalinidade, DQO e nitrogênio) sob duas condições operacionais (Aeração Intermitente Sem Recirculação - AIS e Aeração Intermitente Com Recirculação - AIC, em um reator de leito estruturado.

METODOLOGIA

Para o experimento foi utilizado um reator de leito estruturado e fluxo contínuo, construído em acrílico, com um volume total de 2,650 L, volume útil de 2,125 L, diâmetro externo de 13,5 cm, diâmetro interno de 10 cm e altura de 52 cm.

Como material suporte do reator foi utilizado espuma cilíndrica de poliuretano com um diâmetro de 1,5 cm e 48 cm de altura. A fixação destas foi feita com hastes de ferro nos limites do reator.



Foram trabalhadas 2 fases experimentais no reator, uma com Aeração Intermitente Sem Recirculação (AIS) e outra com Aeração Intermitente Com Recirculação (AIC), como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Fases experimentais de aeração no reator de leito estruturado.

Fase	TDH (h)	Aeração (h)	Tempo de operação (dias)
AIS	16	2 AE/ 1 NA	35
AIC	16	2 AE/ 1 NA	47

Legenda: TDH- Tempo de detenção hidráulico; AE-Aeração; NA- Não aeração.

Fonte: Autoria própria (2017).

Para o monitoramento do sistema foram realizadas análises físico-químicas de pH, alcalinidade, NKT, NO^{-2} , NO^{-3} e DQOt no Laboratório de Hidráulica e Saneamento da UEL, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA,2012).

As análises microbiológicas realizadas foram feitas no Laboratório de Microbiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina.

Para quantificar a biomassa presente no reator foram feitas análises de Número Mais Provável (NMP/100 mL) para as bactérias nitrificantes, desnitrificantes e contagem padrão em placas para as bactérias heterotróficas para calcular o número de Unidades Formadoras de Colônia por mL (UFC/mL), seguindo a metodologia descrita por Mendonça (2002) e Iamamoto (2006).

As amostras (EF, MS e LD) foram preparadas segundo os procedimentos descritos no trabalho de Correa (2016).

As análises foram realizadas ao final de cada fase operacional do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias e desvio padrão das concentrações de pH, Alcalinidade, NKT, NO^{-2} , NO^{-3} e DQOt.

Nota-se que o pH afluente se manteve constante nas duas fases de operação do sistema e a recirculação não interferiu no pH efluente. Os valores de pH considerados ótimos encontram-se entre 7,0 a 8,0, para o processo de nitrificação, sendo que valores acima de 8,0 ou abaixo de 7,0 geram uma inibição do crescimento das bactérias autotróficas (EPA, 1993)

Na Fase AIS houve a correção da alcalinidade afluente para favorecer o processo de nitrificação. Na tabela 2 observa-se que a alcalinidade efluente diminuiu em relação a alcalinidade do afluente na fase com recirculação, indicando assim que foi consumida no processo de nitrificação. Nessa fase espera-se que ocorra o processo de nitrificação e desnitrificação simultâneas, onde a desnitrificação fornece a alcalinidade para o processo de nitrificação.

Durante a maior parte do período de operação do sistema, houve uma diminuição de alcalinidade no efluente. Possivelmente esta diminuição pode ter ocorrido devido ao processo de degradação de matéria orgânica e da alta taxa respiratória dos microrganismos.

Tabela 2: Médias e desvio padrão das concentrações de pH, Alcalinidade, NKT, Nitrito, Nitrato e Demanda Química de Oxigênio.

Parâmetro/ Unidade		AIS	AIC
pH	Af	6,9 ± 0,4	7,7 ± 0,3
	Ef	8,2 ± 0,3	8,3 ± 0,1
Alcalinidade (mg CaCO ₃ .L ⁻¹)	Af	403,7 ± 134,0	279,3 ± 66,8
	Ef	537,9 ± 172,7	239,2 ± 33,3
NKT (mg.N.L ⁻¹)	Af	34,0 ± 2,8	34,1 ¹
	Ef	5,3 ± 2,6	7,3 ¹
NH ₄ (mg.N.L ⁻¹)	Af	6,3 ± 0,1	3,2 ± 2,1
	Ef	3,8 ± 0,1	0,3 ± 0,5
Nitrito (mg.N.L ⁻¹)	Ef	0,6 ± 0,7	1,3 ± 1,1
Nitrato (mg.N.L ⁻¹)	Ef	6,1 ± 4,7	0,3 ± 0,2
Demanda Química de Oxigênio (DQOt)	Af	744,0 ± 330,0	894,0 ± 559,0
	Ef	88,0 ± 20,0	54,0 ± 25,0
Eficiência de remoção (%)	Ef	87,0 ± 4,0	92,0 ± 7,0
Remoção de N	EF	73,0 ± 15,0	72,0 ± 3,0

Legenda: pH: Legenda: AIS: Aeração Intermitente sem recirculação; AIC: Aeração Intermitente com recirculação; NKT: Nitrogênio Kjeldahl total; Af: esgoto afluente; Ef: esgoto efluente

Nota: 1 na fase AIC só foi realizada uma análise de NKT (mg.N.L⁻¹).

Fonte: Autoria própria

Para efeito de simplificação usa o Nitrogênio Total Kjeldahl (NKT) para representar o total de amônia, admitindo-se que o nitrogênio vá ser todo convertido a amônia durante o processo (VON SPERLING, 1996). A recirculação não interferiu nos valores de NKT, que foram muito próximos nas duas fases.

Com relação a NH₄ nas duas fases ocorreu diminuição comparando a entrada e saída do sistema de tratamento. Com relação ao nitrito este deve ter sido consumido pois não ocorreu acúmulo dentro do reator. Para o Nitrato, o sistema com recirculação foi o que apresentou os menores valores, indicando que este sistema pode estar favorecendo a sua remoção, provavelmente pelo processo de desnitrificação.

A DQO representa de uma maneira indireta, o teor de matéria orgânica presente nos efluentes, sendo um indicador do potencial de consumo de oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 1996, p. 40). Analisando os resultados de saída e entrada (Tabela 2), nota-se que ocorreu uma redução na carga orgânica nas duas fases do funcionamento do reator, sendo uma redução maior na etapa com recirculação.

Em termos de percentual foi constatada uma remoção média de DQO de aproximadamente 87% e 92% nas fases AIS E AIC, respectivamente. A remoção de nitrogênio foi maior com aeração sem recirculação de efluente considerando o desvio padrão.



Na tabela 3 são apresentados os dados referentes a contagem de BOA durante a Fase AIS e AIC no Material suporte (MS), Efluente (EF) e Lodo (LD) durante o período de operação do reator.

A AIC favoreceu o crescimento das bactérias BON e DESNITRIFICANTES no material suporte e lodo, e para as HETEROTROFICAS esse favorecimento foi somente para o lodo, sendo que o material suporte obteve um numero um pouco maior na AIS.

Analisando o efluente a recirculação favoreceu o crescimento de BOA e DESNITRIFICANTES, sendo que BON e HETEROTROFICAS cresceram mais na aeração sem recirculação.

Tabela 3: Contagem de BOA, BON e DESNITRIFICANTE por NMP/100mL e HEETEROTRÓFICA por UFC/mL nos três meios analisados (MS, EF e LD) nas duas fases estudadas.

		AIS	AIC
		NMP.100mL ⁻¹	
BOA	MS	2.10 ¹¹	4.10 ⁹
	EF	5.10 ⁷	2.10 ⁹
	LD	2.10 ¹⁰	1.10 ⁹
BON	MS	9.10 ⁸	2.10 ¹¹
	EF	5.10 ⁹	3.10 ⁹
	LD	9.10 ⁸	2.10 ¹¹
DESNITRIFICANTES	MS	4.10 ¹¹	2.10 ¹⁴
	EF	2.10 ⁸	1.10 ¹³
	LD	3.10 ¹²	2.10 ¹⁴

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4: Contagem de heterotrófica por UFC/mL nos três meios analisados (MS, EF e LD) nas duas fases estudadas.

		AIS	AIC
HETEROTRÓFICAS	MS	2,3.10 ⁷	1,5.10 ⁷
	EF	4,2.10 ⁷	2,2.10 ⁷
	LD	7,0.10 ⁸	1,9.10 ¹²

Fonte: Autoria própria.

CONCLUSÕES



Considerando os dados físico-químicos e microbiológicos no geral a recirculação favoreceu o crescimento de bactérias nitrificantes e desnitrificantes. A remoção de matéria orgânica também foi maior na fase com recirculação.

REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WEF. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. 22 ed. Washington, DC: APHA, 2012.

ALIBERTI, Edgar Augusto. Tratamento de efluente de laticínios em reator de leite estruturado submetido a diferentes condições operacionais. 2017. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

CORREA, C. Z. Reator de leite estruturado com recirculação submetido à aeração intermitente no tratamento de esgoto sanitário. 2015. 51 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

Environmental Protection Agency (EPA). **Nitrogen control**. Washington (DC): US EPA; 1993.

IAMAMOTO, Cristina. Y. Remoção de nitrogênio de águas residuárias com elevada concentração de nitrogênio amoniacal em reator contendo biomassa em suspensão operando em bateladas sequenciais e sob aeração intermitente. 2006. 157f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

NETTO, A. P. O. Reator anaeróbio-aeróbio de leite fixo em escala piloto, com recirculação da fase líquida, aplicado ao tratamento de esgoto sanitário. 2011. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo.

VILLA, Ricardo Dalla; SILVA, Milady R. Apolinário da; NOGUEIRA, Raquel F. Pupo, **Potencial de aplicação do processo foto fenton/solar como o pré-tratamento de efluente da indústria de laticínios**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n8/a02v30n8.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios básicos de tratamento de esgoto**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v.2. 211p .Belo Horizonte, 1996

AGRADECIMENTOS



A Universidade Tecnológica Federal do Paraná por possibilitar a oportunidade de participar do programa de iniciação científica voluntária e a Universidade Estadual de Londrina pelo aporte financeiro da parte experimental.